

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE MEJORA EN EL ÁREA DE
ENSAMBLE DE LA LÍNEA DE CERRADURAS INAFER, REFERENCIAS C-999 Y
MEGA EN LA EMPRESA ALLEGION COLOMBIA S.A.S.

SERGIO SEBASTIAN BARRERA MARTINEZ

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SOGAMOSO
2016

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE MEJORA EN EL ÁREA DE
ENSAMBLE DE LA LÍNEA DE CERRADURAS INAFER, REFERENCIAS C-999 Y
MEGA EN LA EMPRESA ALLEGION COLOMBIA S.A.S.

SERGIO SEBASTIAN BARRERA MARTINEZ

Modalidad monografía para optar por el título de Ingeniero Industrial

Director:
Ing. HUGO FELIPE SALAZAR

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SOGAMOSO
2016

TABLA DE CONTENIDO

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
1.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
2.	OBJETIVOS.....	8
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3.	JUSTIFICACIÓN	9
4.	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	10
4.1	ALCANCES.....	10
4.2	LIMITACIONES	10
5.	MARCO DE REFERENCIA.....	11
5.1	MARCO TEÓRICO.....	11
5.2	MARCO CONCEPTUAL	17
5.3	MARCO GEOGRÁFICO	20
5.4.	MARCO INSTITUCIONAL.....	21
6.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
6.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
6.2.	METODOLOGIA	23
6.3.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN.....	24
6.4.	INSTRUMENTOS Y FUENTES.....	24
7.	DESARROLLO DEL TRABAJO	25
7.1	DEFINIR.....	25
7.2	MEDIR.....	36
7.3	ANALIZAR	38
7.4.	MEJORAR.....	45
7.5.	CONTROLAR	55
8.	CONCLUSIONES	57
9.	RECOMENDACIONES	58
	BIBLIOGRAFÍA.....	59
	INFOGRAFIA	60

TABLA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Estructura casa Toyota	12
Gráfico 2: Mapa de la Cadena de Valor del Producto XY.	16
Gráfico 3: Ubicación geográfica Allegion Colombia S.A.S.	21
Gráfico 4: Unidad de Cilindro Mega	26
Gráfico 5: Unidad de cilindro C-999	26
Gráfico 6: Diagrama de flujo del proceso de la línea unidad de cilindro	26
Gráfico 7: Destapar body y porta cilindro	27
Gráfico 8: Limpiar Cilindro	27
Gráfico 9: LLenado de Cilindro.....	28
Gráfico 10: Almacenamiento de los cilindros.....	28
Gráfico 11: Llenar Porta cilindro.....	28
Gráfico 12: Almacenamiento en barras metálicas	28
Gráfico 13: Conformar cilindro	29
Gráfico 14: Colocar Leva y barra.....	29
Gráfico 15: Cerradura C-999	30
Gráfico 16: Cerradura Mega.....	30
Gráfico 17: Diagrama de flujo del proceso de la línea de ensamble.....	30
Gráfico 18: Colocar pestillo.....	31
Gráfico 19: Colocar Cilindro.....	31
Gráfico 20: Ensamble de Chasis	32
Gráfico 21: Ensamble de retenedor y resorte	32
Gráfico 22: Colocar tapa y atornillar	33
Gráfico 23: Revisar	33
Gráfico 24: Limpiar cerradura.....	34
Gráfico 25: Armar caja pequeña	34
Gráfico 26: Sacar LLave y empacar	35
Gráfico 27: Colocar Tapa	35
Gráfico 28: Hacer caja y empacar en caja grande.....	35
Gráfico 29: Análisis para muestra de tiempos	37
Gráfico 30: Participación en la producción (Enero - Marzo 2016).....	38
Gráfico 31: Pareto área de prensas	39
Gráfico 32: Diagrama de Ishikawa.....	39
Gráfico 33: Balanceo inicial de la línea de cilindros	42
Gráfico 34: Balanceo inicial referencia Mega	43
Gráfico 35: Balanceo inicial referencia C-999	44
Gráfico 36: Medición proyecto prensas	45
Gráfico 37: Tablero de producción control de T.V.C.	46
Gráfico 38: Formato control de velocidad.....	46
Gráfico 39: Mano de obra proyecto de prensas	47

Gráfico 40: Capacitaciones integrales área de prensas	47
Gráfico 41: Método proyecto de prensas	48
Gráfico 42: Máquina proyecto de prensas	50
Gráfico 43: Medio ambiente proyecto de prensas	50
Gráfico 44: Mejora en el balanceo en la unidad de cilindros.....	52
Gráfico 45: Mejora en el balanceo de la referencia Mega	53
Gráfico 46: Mejora en el balanceo en la referencia C-999.....	54

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Allegion Colombia S.A.S. es una empresa especializada en la fabricación de cerraduras, cuyo portafolio está compuesto por la gama más completa del mercado en cerraduras cilíndricas SCHLAGE y en cerraduras de sobreponer marca INAFER. Su línea principal de producción de cerraduras es INAFER, que cuenta a su vez con 6 referencias: C-1000, C-999 C-1000 ULTRA, MEGA Y SUPRA lo que representa un 53% del total de cerraduras producidas en la empresa, dejando el 47% restante en cerraduras cilíndricas SCHLAGE. (Ver anexo 1).

De acuerdo con los datos proporcionados por Allegion Colombia S.A.S. de los últimos tres meses (Enero, Febrero, Marzo de 2016) del área de ensamble, queda en evidencia los problemas con mayor impacto sobre la producción de las cerraduras de sobreponer INAFER, impidiendo llegar a la meta deseada por la empresa; dentro de dichos problemas se encuentran según su porcentaje de incidencia: Problemas de calidad representando un 31.05%, falta de material 26.50%, eficiencia 15.84%, fallas mecánicas 9.68%, ausentismo 8.73%, daño de herramienta troquel 3.50, capacitaciones 3.35% y reunión no programada 1.35%, . (Ver anexo 2).

La gerencia de Allegion Colombia S.A.S. ha manifestado su limitación financiera para aumentar su capacidad de producción por medio de la adquisición de maquinaria y equipos, infraestructura o recurso humano y quiere buscar herramientas que le permitan utilizar de una manera eficiente y eficaz los recursos con los que actualmente cuenta.

Lean Sigma brinda una gran cantidad de herramientas, que definen la forma de mejora y optimización de los sistemas de ensamble focalizándose en identificar y

eliminar todo tipo de desperdicio.¹ Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren en la práctica la totalidad de las áreas operativas: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro.²

Partiendo de lo anterior, surge la pregunta de investigación:

¿Cuál es el impacto de diseñar e implementar un modelo de mejora continua en la empresa Allegion Colombia S.A.S. para las cerraduras Inafer, referencias C-999 y Mega?

¹ HERNANDEZ, Juan y VIZÁN, Antonio, lean manufacturing, conceptos , técnicas e implantación,(on line) Madrid 2013, disponible en:(<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicas-e-implantacion>)

² HERNANDEZ, Juan y VIZÁN, Antonio, lean manufacturing, conceptos , técnicas e implantación,(on line) Madrid 2013, disponible en:(<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicas-e-implantacion>)

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e Implementar un modelo de mejora en el área de ensamble de la línea de cerraduras INAFER, referencias C-999 y Mega en la empresa Allegion Colombia S.A.S.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los procesos en el área de ensamble de la línea de cerraduras INAFER, referencias C-999 y Mega en la empresa Allegion Colombia S.A.S.
- Medir el desempeño actual de cada uno de los procesos que intervienen en el área de ensamble.
- Analizar y determinar la causa raíz de los principales problemas en el área de ensamble.
- Desarrollar e implementar las soluciones potenciales a los problemas encontrados en el área de ensamble.
- Diseñar e implementar los sistemas de control de los procesos.

3. JUSTIFICACIÓN

El objetivo principal de toda empresa es obtener la mayor cantidad de ganancias utilizando la menor cantidad de recursos; en muchas ocasiones, estos no se administran de manera adecuada, por lo tanto se genera una cantidad relevante de desperdicio en operaciones que no generan valor al producto; La frecuencia de estas operaciones y su ocurrencia periódica, tiende a que la empresa vea estos procesos como el curso normal de sus actividades y le reste importancia a potenciar su habilidad de investigación para mejorar diariamente sus procesos.

Basado en la estructura de cada organización, la competitividad empresarial busca analizar tanto las fortalezas como debilidades; Generando así, un ambiente flexible que permita la creación de respuestas rápidas ante la volatilidad de los mercados, de acuerdo a las necesidades y opiniones de los clientes, haciendo de las debilidades de la empresa mecanismos que permitan una mejora continua conllevando a la minimización de desperdicios.

Existe una gran cantidad de productos y piezas de inventarios no requeridos en la producción, y escasez de piezas para el ensamble de cerraduras según la programación, generando un incumplimiento en la programación de la producción establecida, produciendo retrasos en las entregas a los clientes.

Partiendo de esto, Lean Sigma se presenta como una herramienta de solución para optimizar los recursos y generar una cultura de mejora continua basada en la óptima utilización de los mismos, analizando a fondo, todos y cada uno de los procesos productivos dejando en evidencia oportunidades de mejora en todos los aspectos³ partiendo como base, la premisa “siempre existe un método mejor”.

³ RIVERA, David, Justificación conceptual de un modelo de implementación de lean manufacturing, (on line), 2002, disponible en (<ftp://ftp.icesi.edu.co/leonardo/Lean-Manufacturing/Lecturas/Justificacion-Conceptual.pdf>)

4. ALCANCES Y LIMITACIONES

4.1 ALCANCES

Este proyecto contempla el planteamiento de un plan de mejoramiento en el área de ensamble de la línea de cerraduras Inafer para las referencias C-999 y Mega de la empresa Allegion Colombia S.A.S.

4.2 LIMITACIONES

La información de la empresa puede estar sujeta a cambios o modificaciones para respetar las políticas de privacidad de la empresa.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 MARCO TEÓRICO

5.1.1. Historia de lean Sigma

Las técnicas de organización de la producción surgen a principios del siglo XX con los trabajos realizados por F.W. Taylor y Henry Ford, que formalizan y metodifican los conceptos de fabricación en serie que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX. Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación de método científico a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos.⁴

Este modelo fue fundado en Japón en 1902 en la empresa Toyota Motor Company. El reto para los japoneses era lograr beneficios de productividad; Comenzaron a estudiar los métodos de producción de Estados Unidos, con especial atención a las prácticas productivas de Ford, al control estadístico de procesos desarrollado por W. Shewart, a las técnicas de calidad de Edwards Deming y Joseph Moses Juran, junto con las desarrolladas en el propio Japón por Kaoru Ishikawa.

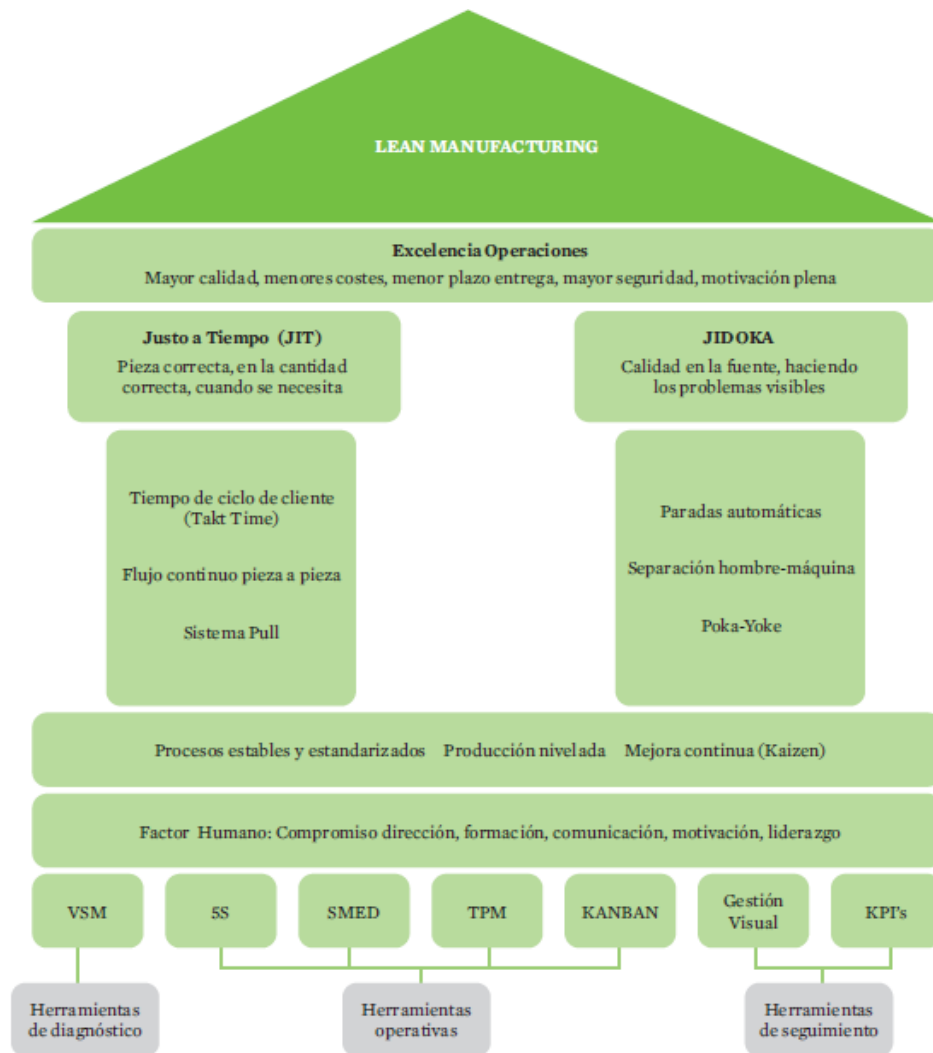
Eiji Toyoda y Taiicho Ohno, al que se le considera el padre del Lean Manufacturing, Ohno estableció las bases del nuevo sistema de gestión JIT/Just in Time (Justo a tiempo), también conocido como TPS (Toyota Manufacturing System). El sistema formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”. Las aportaciones de Ohno se complementaron con los trabajos de Shigeo Shingo, también ingeniero industrial de Toyota, que estudió detalladamente la administración científica de Taylor y teorías de tiempos y movimientos de Gilbreth. Entendió la necesidad de transformar las operaciones productivas en flujos continuos, sin interrupciones, con el fin de proporcionar al cliente únicamente lo que requería, focalizando su interés en la reducción de los tiempos de preparación. Sus primeras aplicaciones

⁴ HERNANDEZ, Juan y VIZÁN, Antonio, lean manufacturing, conceptos , técnicas e implantación,(on line) Madrid 2013, disponible en:(<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicas-e-implantacion>)

se centraron en la reducción radical de los tiempos de cambio de herramientas, creando los fundamentos del sistema SMED. Al amparo de la filosofía JIT fueron desarrollándose diferentes técnicas como el sistema Kanban, Jidoka, Poka-Joke que fueron enriqueciendo el sistema Toyota.⁵

5.1.2 Lean Manufacturing

Gráfico 1: Estructura casa Toyota



Fuente: HERNANDEZ, Juan y VIZÁN, Antonio, lean manufacturing, conceptos , técnicas e implantación,(on line) Madrid 2013, disponible

⁵ HERNANDEZ, Juan y VIZÁN, Antonio, lean manufacturing, conceptos , técnicas e implantación,(on line) Madrid 2013, disponible en:(<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicae-implantacion>)

en:(<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicas-e-implantacion>).

El techo de la casa está constituido por las metas perseguidas que se identifican con la mejor calidad, el más bajo costo, el menor tiempo de entrega o tiempo de maduración (Lead-time). Sujutando este techo se encuentran las dos columnas que sustentan el sistema: JIT y Jidoka. El JIT, tal vez la herramienta más reconocida del sistema Toyota, significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta.

Jidoka consiste en dar a las máquinas y operadores la habilidad para determinar cuándo se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso. Ese sistema permite detectar las causas de los problemas y eliminarlas de raíz de manera que los defectos no pasen a las estaciones siguientes. La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el heijunka o nivelación de la producción y la aplicación sistemática de la mejora continua.

A estos cimientos tradicionales se les ha añadido el factor humano como clave en las implantación del Lean, factor éste que se manifiesta en múltiples facetas como son el compromiso de la dirección, la formación de equipos dirigidos por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensa.

5.1.3 Principios de Lean Sigma.

- **Especificar el Valor:** ¿Qué esperan los clientes? ¿Por qué estarán dispuestos a pagar? ¿Qué combinación de características, disponibilidad y precio será la que prefieran?
- **Análisis de la Cadena de Valor:** Una Cadena de Valor es la secuencia de actividades necesaria para entregarle al cliente un producto o servicio. Analizar y graficar la cadena de valor permite distinguir entre las actividades que agregan valor y las que no lo hacen. Esta diferenciación servirá de punto de partida para las actividades de mejoramiento y eliminación del desperdicio.
- **Flujo Continuo:** Las empresas deben tratar de que el valor fluya continuamente, no por lotes (batches). De ahí ha surgido el término 95 de una pieza a la vez (one piece flow). La creación de lotes favorece la aparición de inventarios en diferentes lugares de la planta, y los inventarios crean demoras y mayores costos.

- **El cliente “hala” (Customer Pull):** Este principio ha sido difundido por la popularidad del Justo a Tiempo. El sistema de producción debe entregar a los clientes los productos que necesitan en el momento preciso, y a raíz de esto activar los recursos productivos solamente cuando la siguiente estación en el proceso consume las unidades que estaban listas para él. Es decir, la actividad de producción no responde únicamente a planes y pronósticos realizados con anticipación, sino que reacciona a los volúmenes reales de la demanda y las ventas.
- **Mejoramiento Continuo:** El eslogan comercial de Lexus (la marca de autos de lujo de Toyota) es La apasionada búsqueda de la perfección. El mejoramiento continuo (Kaizen) es la convicción de que los esfuerzos de mejoramiento nunca llegan a un final. Es necesario mantener la disciplina de mejoramiento para que se convierta en un motor permanente de avance para la empresa.

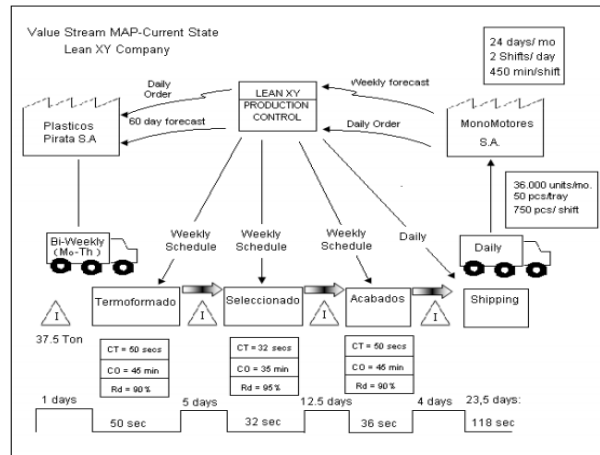
5.1.4. Herramientas de Lean Sigma

- **Kaizen:** Más que solamente mejoramiento, es mejoramiento continuo. Es la acumulación gradual de muchos pequeños mejoramientos hechos por todos los miembros de la empresa. Kaizen es una disciplina que se obtiene a través de la aplicación del verdadero “empowerment” (empoderamiento, facultamiento). Las ideas de todos los empleados son consideradas, evaluadas por un proceso visible y conocido y la retroalimentación para el empleado es pronta y específica. Si la idea se implementa, quien la sugirió participa en su implementación (mientras ello sea relevante), lo que hace que los empleados no solamente proponen ideas sino que responden por su implementación y resultados. Esto acentúa el sentido de pertenencia del empleado hacia la compañía y su responsabilidad con la misma. Finalmente la disciplina del mejoramiento permite un ambiente propicio para la implementación de cambios que favorezcan a la compañía y a los trabajadores. Kaizen es uno de los fundamentos de cualquier programa de evolución y avance continuado en el desarrollo empresarial, sin importar con qué nombre se le conozca.
- **Mapas de la Cadena de Valor (Value Stream Maps):** En el gráfico 2 se presenta el mapa de la cadena de valor del producto XY. Estos mapas son esencialmente representaciones de alto nivel del flujo del producto (y la información) desde que se pone la orden, pasando por los proveedores, hasta que el material llega a la empresa para ser transformado y finalmente se despacha el producto terminado a los clientes. El objetivo principal de estos mapas es el de resaltar oportunidades de mejoramiento mostrando los puntos

en los que se desperdicia tiempo a través de la existencia de inventarios y demoras innecesarias. Se hace una distinción de los tiempos que agregan valor y los que no lo hacen, encontrando que la proporción de tiempo de valor agregada suele ser mínima. Es en estos tiempos que no agregan valor (desperdicios) que Lean Manufacturing concentra sus esfuerzos de mejoramiento.

- **5S:** De la misma forma en que Kaizen aporta la disciplina del mejoramiento continuo, 5S es el fundamento de la cultura Lean. 5S viene de cinco palabras japonesas que han sido utilizadas para mostrar una evolución desde el orden y la limpieza del sitio de trabajo hasta la disciplina personal:
 - ✓ Seiri (Utilización): Se refiere a tener en el lugar de trabajo únicamente lo que se necesita, deshacerse de desperdicios, objetos sobrantes, obsoletos y todos aquellos objetos que no deban permanecer en el lugar de trabajo para uso corriente.
 - ✓ Seiton (Orden): El famoso lema “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”.
 - ✓ Seiso (Limpieza): Incluye la limpieza del lugar de trabajo, los equipos y superficies que se emplean.
 - ✓ Seiketsu (Estandarización): La cuarta “ese” se refiere a la estandarización y mantenimiento de las tres primeras.
 - ✓ Shitsuke (Autodisciplina): La última “ese” tiene que ver con la interiorización de las cuatro anteriores, cuando el trabajo de cinco eses se convierte parte automática de cada persona, e inclusive empiezan a transferir a su vida personal aspectos de cinco eses

Gráfico 2: Mapa de la Cadena de Valor del Producto XY.



Fuente: CABRERA, Rafael, Value Stream Mapping,(On line), disponible en :(<http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1154/1/VSM+VALUE+STREAM+MAP+PING+ANALISIS+DEL+MAPEO+DE+LA+CADENA+DE+VALOR+-+copia.pdf>).

- **Sistemas de Trabajo Flexibles:** Estos son los sistemas que se han denominado celdas o células de manufactura, pero con un enfoque Toyota. El concepto de celdas va un poco más a la raíz de la agrupación y la dedicación. En esencia, en Toyota se ha organizado el trabajo por familias de productos, pero no solamente en la manufactura propiamente dicha. La celda es la agrupación de una familia de productos con un grupo específico de máquinas (recursos y espacios), en una ubicación geográficamente próxima y con un grupo de personas asignado a ellos y ellas. De esta forma, el trabajo de desarrollo de productos también se hace por equipos interdisciplinarios dedicados al proyecto (ingeniería concurrente) y el trabajo contable y administrativo se organiza alrededor de grandes familias de procesos y productos.

- **SMED (Single Minute Exchange of Die, alistamientos rápidos):** Cuando es necesario producir una variedad de productos en la misma infraestructura, será necesario realizar alistamientos. El alistamiento comprende todas las actividades que se realizan desde que sale la última unidad de la referencia anterior hasta que sale la primera unidad buena de la siguiente referencia. Shigeo Shingo clasificó las actividades que ocurren durante el alistamiento en actividades internas y externas. Internas son todas aquellas que deben hacerse con la máquina detenida. Externas son las que pueden efectuarse sin que la máquina se deba detener. Por ejemplo, preparar las siguientes materias

primas, despejar el espacio de trabajo, precalentar un molde son todas actividades externas. Cambiar la herramienta de corte suele ser una actividad interna. Lo que se ha encontrado es que aplicando un sencillo procedimiento se pueden ahorrar grandes cantidades de tiempo en alistamientos.⁶

- **Justo a tiempo:** Es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción. Se trata de entregar materias primas o componentes a la línea de fabricación de forma que lleguen “justo a tiempo” a medida que son necesarios. El JIT no es un medio para conseguir que los proveedores hagan muchas entregas y con absoluta puntualidad para no tener que manejar grandes volúmenes de existencia o componentes comprados, sino que es una filosofía de producción que se orienta a la demanda. La ventaja competitiva ganada deriva de la capacidad que adquiere la empresa para entregar al mercado el producto solicitado, en un tiempo breve, en la cantidad requerida.⁷
- **Kanban:** Los sistemas Kanban consisten en un conjunto de formas de comunicarse e intercambiar información entre los diferentes operarios de una línea de producción, de una empresa, o entre proveedor y cliente. Su propósito es simplificar la comunicación, agilizándola y evitando errores producidos por falta de información. Los “Kanban” también pueden ser ordenes de trabajo, es decir, incluir información acerca de qué operaciones se deben hacer y con cada producto, en qué cantidad, mediante qué medios y como transportarlo.⁸

5.2 MARCO CONCEPTUAL

Desperdicio: Actividades que generan un costo dentro de los procesos de producción y no agregan valor, también se conocen con el nombre de Muda.⁹

⁶ RIVERA, David, Justificación conceptual de un modelo de implementación de lean manufacturing, (on line), 2002, disponible en (<ftp://ftp.icesi.edu.co/leonardo/Lean-Manufacturing/Lecturas/Justificacion-Conceptual.pdf>)

⁷ GONZALEZ, Joaquin, Justo a Tiempo (JIT), (on line), Marzo 2002, disponible en: (http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf)

⁸ RODRIGUEZ, Juan, Metodo Kanban, disminuir retrasos y crear un método eficiente, (on line), 2006, disponible en (Método Kanban – Disminuir retrasos y crear un sistema de producción eficiente)

⁹ MARTIN, Ramón (2006). *Mejora de la Productividad, Just in Time y Lean Manufacturing*. Escuela de Organización Industrial (EIO). [En Línea]. Fecha Consulta [29 Agosto de 2013]. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45158/componente45156.pdf

Lean Sigma: es una teoría que se apoya en una serie de técnicas cuya finalidad es la de la mejora de la productividad de la empresa, soportada por un conjunto de herramientas que:¹⁰

- Ayudarán a eliminar todas las operaciones que no agreguen valor al producto, servicio y a procesos.
- Aumentarán el valor de cada actividad realizada, eliminando lo que no se requiere.
- Reducirán desperdicios y mejorarán las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador.
- Obtendrán así mejoras tangibles, medibles y significativas de la competitividad.

Calidad: es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con una necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.¹¹

Mejora continua: reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y Compartir la información.¹²

Eficiencia: consiste en el logro de las metas con la menor cantidad de recursos. Obsérvese que el punto clave en esta definición es ahorro o reducción de recursos al mínimo.¹³

Eficacia: consiste en alcanzar las metas establecidas en la empresa.¹⁴

Productividad: consiste en la relación producto-insumo en un período específico con el adecuado control de la calidad. La productividad puede ser elevada cuando:¹⁵

¹⁰ MARTIN, Ramón (2006). *Mejora de la Productividad, Just in Time y Lean Manufacturing*. Escuela de Organización Industrial (EIO). [En Línea]. Fecha Consulta [29 Agosto de 2013]. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45158/componente45156.pdf

¹¹ Norma ISO 9000

¹² CARRILLO, Jorge, *Lean Solutions*, (on line), Colombia 2003, disponible en (<http://www.leansolutions.co/conceptos/>)

¹³ HERNANDEZ, Manuel y RODRIGUEZ, Raúl, *Eficiencia, eficacia y productividad*, (on line), Francia, 2001, disponible en: (<http://www.aulafacil.com/cursos/119655/empresa/administracion/administracion-de-empresas/eficiencia-eficacia-y-productividad>)

¹⁴ HERNANDEZ, Manuel y RODRIGUEZ, Raúl, *Eficiencia, eficacia y productividad*, (on line), Francia, 2001, disponible en: (<http://www.aulafacil.com/cursos/119655/empresa/administracion/administracion-de-empresas/eficiencia-eficacia-y-productividad>)

¹⁵ HERNANDEZ, Manuel y RODRIGUEZ, Raúl, *Eficiencia, eficacia y productividad*, (on line), Francia, 2001, disponible en:

- Se reducen los insumos y se mantienen los mismos productos.
- Se incrementan los productos y se reducen los insumos para elaborarlos.
- Se incrementan los productos con los mismos insumos.

Sobreproducción: Hace referencia a producir más temprano o en mayor cantidad que la requerida por el cliente.¹⁶

Procesos “Pull”: los productos son tirados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.¹⁷

Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.¹⁸

Takt time: es el ritmo en que los productos deben ser completados o finalizados para satisfacer las necesidades de la demanda.¹⁹

Lead Time: es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente.²⁰

Proceso: consiste en un grupo de tareas lógicamente relacionadas que emplean los recursos de la organización para dar resultados definidos en apoyo a los objetivos de la organización.²¹

(<http://www.aulafacil.com/cursos/l19655/empresa/administracion/administracion-de-empresas/eficiencia-eficacia-y-productividad>)

¹⁶ MARTIN, Ramón (2006). *Mejora de la Productividad, Just in Time y Lean Manufacturing*. Escuela de Organización Industrial (EIO). [En Línea]. Fecha Consulta [29 Agosto de 2013]. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45158/componente45156.pdf

¹⁷ CARRILLO, Jorge, Lean Solutions, (on line), Colombia 2003, disponible en (<http://www.leansolutions.co/conceptos/>)

¹⁸ CARRILLO, Jorge, Lean Solutions, (on line), Colombia 2003, disponible en (<http://www.leansolutions.co/conceptos/>)

¹⁹ Pratt & Whitney plays the ACE of Lean. Lean Directions (<http://www.manufacturainteligente.com/takt-time-para-obtener-lean-production/>).

²⁰ MTM INGENIEROS, Lead Time, (On line), 2005, disponible en, (<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-lead-time/>)

²¹ NARANJO, Jorge, Procesos en ingeniería Industrial, (on line), 15 de Abril de 2011, disponible en: (<http://es.slideshare.net/usopedagogicodelblog/procesos-en-ingeniera-industrial>)

Capacidad: La capacidad es el potencial de producción o volumen máximo de producción que una empresa en particular, unidad, departamento o sección, puede lograr durante un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta todos los recursos que tienen disponibles, sea los equipos de producción, instalaciones, recursos humanos, tecnología, experiencia/conocimientos, etc.²²

Cadena de Valor: Es un modelo teórico que permite describir el desarrollo de las actividades de una organización empresarial generando valor al cliente final y a la misma empresa.²³

No Valor Agregado: Es Cualquier actividad u operación que consume tiempo y recursos pero no agrega valor al producto, son todas aquellas operaciones donde la materia prima no sufre alguna transformación.²⁴

5.3 MARCO GEOGRÁFICO

El presente trabajo se orienta a la implementación de un modelo de mejora continua de la línea de cerraduras INAFER en el área de ensamble de la empresa Allegion Colombia S.A.S, ubicada en Cra. 26 No. 12 A - 20 en la ciudad de Bogotá, Cundinamarca.

²² KNOOW.NET. *Capacidad Instalada*. [En línea]. Fecha consulta [29 Agosto de 2013]. Disponible en: (<http://www.knoow.net/es/cieeconcom/gestion/capacidadinstalada.htm>)

²³ WEB Y EMPRESAS (2012). *La Cadena de Valor de Michael Porter*. [En línea]. Fecha consulta [29 Agosto de 2013]. Disponible en: (<http://www.webyempresas.com/la-cadena-de-valor-de-michael-porter/>)

²⁴ MONOGRAFIAS. *Desarrollo de modelos industriales Cadena de Valor*. [En Línea]. Fecha consutla [29 Agosto de 2013]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos28/cadena-de-valor/cadena-de-valor.shtml>)

A map of Bogotá, Colombia, centered on the location of ALLEGION COLOMBIA S.A.S., which is marked with a red circle at the intersection of Carrera 25a and Calle 12b. The map shows a grid of streets including Carrera 9 through Carrera 29 and Calle 8 through Calle 18. Other labeled locations include Carcel de Menores, Alkosto, Bancolombia Barrio Ricaurte, Estación Decima Cuarta Mártires, and Sabana Plaza. A yellow diagonal band representing a highway or expressway runs from the top left towards the bottom right.

5.4. MARCO INSTITUCIONAL

En 1,925 se funda en Estados Unidos la fábrica de cerraduras SCHLAGE. Su fundador el inventor alemán Sr. Walter Schlage inventó y patentó una cerradura de tipo cilíndrico que revolucionó el mundo de las cerraduras por su sencillo diseño en el mecanismo.

En Colombia, desde 1,930, ha existido la representación directa de la casa americana a través de Almacén El Arquitecto S.A. y es en 1,961 que se funda SCHLAGE LOCK DE COLOMBIA S.A. con la asesoría de la casa matriz

iniciándose así un proceso progresivo en el desarrollo de productos de altísima calidad e innovación.

Con el fin de ampliar el portafolio de productos en 1,979 se crea INAFER (Industria Nacional Ferretera) para producir las cerraduras de sobreponer y en 1,999 se introdujo al mercado el candado profesional S-60 marca SEGUREX. En el 2,001 se lanzó los candados SEGUREX S-50, M-60, M-50, MA-60 y MA-50 y la cerradura de sobreponer MAGNUM 3000 marca SEGUREX.

En 1,997 se monta el laboratorio de ensayos mecánicos y de materiales, para cerraduras, de acuerdo a las normas ANSI e ICONTEC, más completo de América Latina.

En 1,998 SCHLAGE LOCK DE COLOMBIA S.A. es certificada con la norma ISO-9002/1994 para la manufactura y distribución de cerraduras, siendo los primeros en América Latina en obtener certificación de calidad. En 2002 se renueva la certificación del sistema de calidad con la norma ISO 9001:2000. En el 2009 es actualizada a la norma ISO 9001:2008.

En Enero de 2014 Allegion S.A.S adquirió los activos productivos de la empresa Schlage Lock de Colombia. La compañía, que es el segundo fabricante de cerraduras mecánicas de Colombia, registra ventas anuales por unos 24.000 millones de pesos.

La factoría se encuentra ubicada en Bogotá, tiene 350 empleados y comercializa las marcas Schlage Lock, Inafer y Segurex. La adquisición de los activos productivos de Schlage Lock de Colombia también expande a Allegion a otros países de Suramérica. Además, le permite ganar sinergias con sus diversas líneas de soluciones de seguridad para residencias y establecimientos comerciales.

Tras el acuerdo, Allegion operará la planta de 5.000 metros cuadrados de área en la capital del país, y continuará comercializando las marcas Schlage, Inafer y Segurex.

El portafolio de sus productos está compuesto por la gama más completa del mercado. En cerraduras cilíndricas SCHLAGE, en cerraduras de sobreponer marca INAFER y cerraduras de embutir y candados marca SEGUREX.

Por todo lo anterior, Allegion Colombia S.A.S. se consideran los únicos fabricantes en Colombia que pueden dar GARANTÍA DE POR VIDA a las cerraduras que producen.

MISIÓN

Somos una empresa líder en el país, comprometidos en brindar a nuestros clientes cerraduras, candados y productos de seguridad con los más altos estándares de calidad, fabricados y comercializados por personal calificado; apoyando su desarrollo personal y profesional, generando compromiso y bienestar en el trabajo.

VISIÓN

En Schlage Lock de Colombia S.A. buscamos consolidar nuestro liderazgo en el mercado a través del mejoramiento de la competitividad y la diversificación de nuestro portafolio de productos y servicios, mejorando la calidad de vida de nuestros trabajadores y garantizando la proyección de la empresa en el tiempo.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de investigación que se utilizará es experimental, pues requiere de una manipulación rigurosa de las variables para medir sus posibles efectos además de un control directo por procedimientos estadísticos.

6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación tiene un enfoque cuantitativo e iniciara con alcance descriptivo, pues se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, continuando con alcance correlacional para poder determinar la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular, asociando conceptos y variables.²⁵

6.2. METODOLOGIA

²⁵ HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. Mc Graw Hill, Mexico: Sexta Edición, 2014.

Se escogió la metodología DMAIC para el desarrollo del presente proyecto, ya que este método se utiliza para mejorar los recursos actuales de los procesos existentes mediante cinco etapas, definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

6.2.1. PROCESO METODOLÓGICO

Definir:

- Definir el propósito, objetivos y alcance del proyecto.
- Describir el proceso.

Medir:

- Medir el desempeño actual del proceso.
- Determinar variables a medir.

Analizar:

- Determinar la causa raíz de los desperdicios y confirmarlos con datos.
- Identificar las oportunidades de mejora en el proceso.

Mejorar:

- Desarrollar, probar e implementar soluciones que ataquen las causas raíz.
- Utilizar datos para evaluar los resultados de las soluciones y de los planes utilizados para realizarlas.

Controlar:

- Mantener los logros obtenidos y normalización de los procesos o métodos de trabajo.

6.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

La naturaleza de la información que se utilizará en esta investigación es de carácter primario y secundario.

6.4. INSTRUMENTOS Y FUENTES

6.4.1 FUENTES PRIMARIAS

La información primaria se obtendrá mediante la observación directa de las actividades y la información suministrada por el personal administrativo y operativo. Como procedimiento de esta investigación, la Observación se convierte en una importante herramienta para analizar objetivamente los datos existentes en relación al objeto de estudio.

6.4.2 FUENTES SECUNDARIAS

Se utilizarán como fuentes de apoyo, normas, legislación, libros, revistas, trabajos de grado, investigaciones culminadas con relación a la temática tratada, folletos y publicaciones especiales (encuestas y bases de datos nacionales), Internet y otros documentos que contengan información clara y pertinente relacionada con el proyecto.

7. DESARROLLO DEL TRABAJO

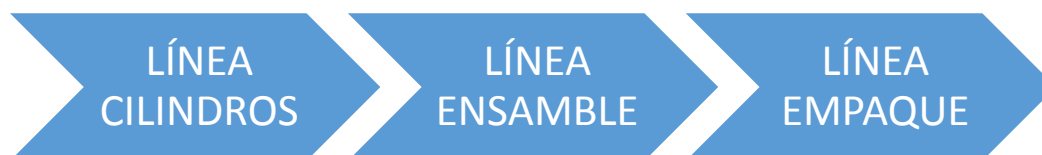
Las cinco etapas descritas en el proceso metodológico son la guía para el desarrollo de este proyecto.

7.1 DEFINIR

7.1.2 Descripción del proceso

El proceso de ensamble de las cerraduras Mega y C-999 consta de 3 módulos o secciones definidas de la siguiente manera:

1. Línea de cilindros
2. Línea ensamble
3. Línea empaque



- **LÍNEA CILINDROS**

Es una línea independiente en la cual se ensambla la unidad de cilindro, elemento fundamental de las cerraduras de sobreponer.

Gráfico 4: Unidad de Cilindro Mega



Fuente: Autor

Gráfico 5: Unidad de cilindro C-999



Fuente: Autor

Gráfico 6: Diagrama de flujo del proceso de la línea unidad de cilindro

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA LINEA UNIDAD DE CILINDRO

	RESUMEN	Actual	
		No.	Tpo
○	Operaciones	12	162.13
⇒	Transporte	2	0
□	Controles/inspecciones		
D	Esperas		
▽	Almacenamiento	4	0
	TOTAL	18	162.132

No.	Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (s)	Observación	AV	NV	IMAGEN
1	Destapar Body	○	⇒	□	D	▽	3.99	Máquina		x	A1
2	Destapar Portacilindro	○	⇒	□	D	▽	3.99	Máquina		x	B1
3	Se dirige hacia la siguiente máquina	○	⇒	□	D	▽		Manual		x	C1
4	Colocar Tapa Body	○	⇒	□	D	▽	8.29	Máquina	x		D1
5	Colocar Tapa Portacilindro	○	⇒	□	D	▽	8.29	Máquina	x		E1
6	Limpiar Cilindro	○	⇒	□	D	▽	5.02	Máquina		x	F1
7	Llenar cilindro	○	⇒	□	D	▽	23.10	Manual	x		G1
8	Almacenar cilindro en Base de madera	○	⇒	□	D	▽		Manual		x	H1
9	Transportar hacia llenado	○	⇒	□	D	▽		Manual		x	I1
10	Llenar Porta cilindro	○	⇒	□	D	▽	24.97	Manual	x		J1
11	Almacenar Porta cilindro	○	⇒	□	D	▽		Manual		x	K1
12	Llenar Body	○	⇒	□	D	▽	15.25	Manual	x		L1
13	Almacenar Body	○	⇒	□	D	▽		Manual		x	M1
14	Conformar cilindro	○	⇒	□	D	▽	32.12	Máquina		x	N1
15	Probar cilindro	○	⇒	□	D	▽		Manual		x	O1
16	Colocar Leva	○	⇒	□	D	▽	17.93	Máquina	x		P1
17	Colocar Barra	○	⇒	□	D	▽	19.17	Máquina	x		Q1
18	Almacenar Unidad de cilindro	○	⇒	□	D	▽		Manual		x	R1
TOTAL							162.13		7	11	

Fuente: Autor

La línea de cilindro inicia con las operaciones de destapar body y porta cilindro la cual consiste en eliminar los excesos de material de zamak del área de inyección esto se realiza en la misma máquina.

Gráfico 7: Destapar body y porta cilindro



Fuente: Autor

Colocar tapa body y tapa porta se realiza en un dispositivo remachador el cual adhiere una fina lámina metálica en la parte superior del body o porta cilindro para darle firmeza a los pines y resortes que luego se introducirán.

Limpiar cilindro es la operación en la cual se eliminan rebabas residuales del material de zamak inyectado el dispositivo cuenta con una cuchilla y un cilindro neumático para efectuar la tarea.

Gráfico 8: Limpiar Cilindro



Fuente: Autor

Llenar cilindro es la operación en la cual se lee el picado de la llave para obtener el número del pin indicado para que el cilindro gire dentro del porta cilindro o body, luego es almacenado en una base de madera.

Gráfico 9: LLenado de Cilindro



Fuente: Autor

Gráfico 10: Almacenamiento de los cilindros



Fuente:

Autor

Llenar porta cilindro o llenar body es la operación en la cual se ingresan los pines correspondientes y complementarios para que al ingresar la llave gire el dispositivo libremente, luego son almacenados en barras metálicas.

Gráfico 11: Llenar Porta cilindro



Fuente: Autor

Gráfico 12: Almacenamiento en barras metálicas



Fuente: Autor

Conformar cilindro es la operación realizada en un dispositivo con un vástago neumático el cual por medio de presión ajusta los pines con la llave dentro del cilindro para garantizar el movimiento funcional del cilindro, luego se realiza una verificación o prueba que garantice que la unidad está conforme a las especificaciones.

Gráfico 13: Conformar cilindro



Fuente: Autor

Colocar leva y barra son las operaciones en las cuales por medio de un dispositivo se coloca un pin o abrazadera para fijar la leva o la barra (piezas encargadas de transmitir el torque generado al girar la llave) a la unidad de cilindro previamente conformada, luego de esto está finalmente dispuesta en gavetas para su transporte a la línea de ensamble.

Gráfico 14: Colocar Leva y barra



Fuente: Autor

- **LÍNEA DE ENSAMBLE**

Es un sistema o mesa rotativa en la cual se realiza el proceso de ensamble de las cerraduras Mega y C-999.

Gráfico 15: Cerradura C-999



Fuente: Autor

Gráfico 16: Cerradura Mega



Fuente:

Autor

Gráfico 17: Diagrama de flujo del proceso de la línea de ensamble

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA LINEA DE ENSAMBLE										
RESUMEN		Actual								
		No.	Tpo							
Operaciones		13	89.4							
Transporte										
Controles/inspecciones		1	23.4							
Esperas										
Almacenamiento		1	2.5							
TOTAL		15	115.3							

No.	Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctrl.	Esp.	Alm.	Tiempo (Std)	Observación	AV	NV	IMAGEN
1	Colocar pestillo	○→	→	□	○	▼	15.6	Máquina	x		A2
2	Colocar cilindro	○→	→	□	○	▼	6.5	Manual	x		B2
3	Atornillar cilindro	○→	→	□	○	▼	7.5	Máquina	x		C2
4	Ensamble de chasis y aplicar grasa	○→	→	□	○	▼	6.3	Manual	x		D2
5	Ensamble de retenedor y resorte	○→	→	□	○	▼	5.5	Manual	x		E2
6	Colocar tapa y atornillar	○→	→	□	○	▼	7.4	Manual-Máquina	x		F2
7	Revisar	○→	→	□	○	▼	23.4	Manual		x	G2
8	Colocar tornillo	○→	→	□	○	▼	8.9	Manual	x		H2
9	Limpiar cerradura	○→	→	□	○	▼	7.3	Manual		x	I2
10	Armar caja pequeña	○→	→	□	○	▼	5.5	Manual	x		J2
11	Sacar llave y empaque	○→	→	□	○	▼	6.9	Manual	x		K2
12	Hacer tapas	○→	→	□	○	▼	6.2	Manual	x		L2
13	Colocar tapa empaque	○→	→	□	○	▼	4.6	Manual	x		M2
14	hacer caja grande	○→	→	□	○	▼	1.2	Manual	x		N2
15	Empacar en caja grande	○→	→	□	○	▼	2.5	Manual	x		O2
TOTAL							115.3		13	2	

Fuente: Autor

Colocar pestillo es la operación en la cual por medio del accionar de un vástago neumático se remacha un pin para fijar la manija a la lámina porta pestillo luego de introducir un resorte.

Gráfico 18: Colocar pestillo



Fuente: Autor

Colocar cilindro es la operación en la cual se introduce la unidad de cilindro ensamblada en la línea anterior en la caja 999 o mega para luego ser atornillada y fijada.

Gráfico 19: Colocar Cilindro



Fuente: Autor

Ensamble de chasis y aplicar grasa es la operación en la cual se introduce el componente chasis y se aplica un poco de grasa para lubricar el funcionamiento de la cerradura.

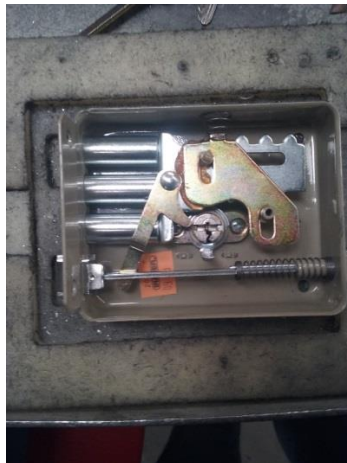
Gráfico 20: Ensamble de Chasis



Fuente: Autor

Ensamble de retenedor y resorte es la operación en la cual se adicionan estos dos componentes que garantizan la permanencia de los pestillos en el paso que se selecciona al girar la cerradura con la llave.

Gráfico 21: Ensamble de retenedor y resorte



Fuente: Autor

Colocar tapa y atornillar, esta operación mediante un atornillador eléctrico se fija una tapa metálica a la cerradura.

Gráfico 22: Colocar tapa y atornillar



Fuente: Autor

Revisar es la inspección de conformidad del producto en el cual se hace un análisis a cada uno de los pasos de la cerradura y se verifican los aspectos cualitativos de la misma.

Gráfico 23: Revisar



Fuente: Autor

Colocar tornillos es la operación en la cual se colocan manualmente los tornillos dentro del porta cilindro.

Limpiar cerradura, en esta operación se utiliza estopa para quitar la contaminación superficial de la cerradura.

Gráfico 24: Limpiar cerradura



Fuente: Autor

- **LÍNEA DE EMPAQUE**

Es la última estación de la cerradura dentro del área de ensamble en la cual se da la presentación en cajas de cartón dispuestas en una de mayor tamaño denominada caja Master.

Armar caja pequeña, en esta operación se le adhieren los componentes necesarios para la instalación de la cerradura por parte del cliente.

Gráfico 25: Armar caja pequeña



Fuente: Autor

Sacar llave y empacar es la operación en la cual se retira la llave y se ingresa la cerradura dentro de la caja individual previamente armada.

Gráfico 26: Sacar LLave y empacar



Fuente: Autor

Colocar tapa

Gráfico 27: Colocar Tapa



Fuente: Autor

Hacer caja grande y empacar en caja grande (Master)

Gráfico 28: Hacer caja y empacar en caja grande



Fuente: Autor

7.2 MEDIR

Se realizó un estudio detallado en cada una de las fases del proceso, registrando las variables que se consideraban de interés para la realización y ejecución de este proyecto. En la toma de datos se tuvo en cuenta toma de estándares por operación, ineficiencias y desperdicios por línea, transportes involucrados, paros de línea, almacenamiento de materiales, entre otros.

7.2.1 Variables a medir

- **Falta de Material**

La escasez de material en el área de ensamble resulta en 15441 unidades perdidas, representando el 26.50% de la problemática del área de ensamble (Ver Tabla 2)

- **Participación de unidades de los componentes de ensamble**

Los componentes para ensamblar las cerraduras, dependen de las áreas anteriores de producción, se establece la medición de cada sección para ver el impacto en la falta de los elementos entregados a ensamble.

Tabla 1: Componentes entregados a ensamble

AREA	Componentes entregados	% REP
PRENSAS	8345974	77.9%
INYECCIO	1309047	12.2%
NIQUELAD	590704	5.5%
MAQUINAD	451564	4.2%
MADERAS	11135	0.1%
TOTAL	10708424	100%

Fuente: Autor

- **Ineficiencias:**

Unidades perdidas en el área de ensamble por eficiencia de línea son 9225, que representa el 15.84% de la problemática del área de ensamble (Ver tabla 2).

Tabla 2: Faltantes línea Inafer Enero - Marzo 2016

CONTROL ENSAMBLE ENERO – MARZO		
CAUSA	UNIDADES PERDIDAS	% Rep
PROBLEMAS DE CALIDAD	18087	31.05%

FALTA DE MATERIAL	15441	26.50%
EFICIENCIA	9225	15.84%
FALLA MECANICA	5637	9.68%
AUSENTISMO	5088	8.73%
DAÑO DE HERRAMIENTA TROQUEL	2040	3.50%
CAPACITACION	1953	3.35%
REUNION NO PROGRAMADA	786	1.35%
Total	58257	100.00%

Fuente: Allegion Colombia S.A.S.

- **Tiempos de operación.**

La toma de tiempos y definición de estándares en el área de ensamble tenía una fecha de actualización del año 2013 por tanto se debió levantar la información ya que los procesos y las máquinas han tenido cambios.

Para establecer la cantidad de observaciones se usó el método estadístico descrito por Niebel.

$$\bar{x} \pm \frac{zs}{\sqrt{n}}$$

Gráfico 29: Análisis para muestra de tiempos

donde

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Sin embargo, los estudios de tiempos suelen involucrar sólo muestras pequeñas ($n < 30$); por lo tanto, debe usarse una distribución t . Entonces la ecuación del intervalo de confianza es

$$\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

El término \pm puede considerarse un término de error expresado como una fracción de \bar{x} :

$$k\bar{x} = ts/\sqrt{n}$$

donde k = una fracción aceptable de \bar{x} .

Despejando n se obtiene

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$$

También es posible despejar n antes de hacer el estudio de tiempos al interpretar datos históricos de elementos similares, o mediante una estimación real de \bar{x} y s a partir de varias lecturas con regresos a cero con la variación más alta.

Fuente: NIEBEL, Benjamin, Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, duodécima edición, 2009.

Se decidió establecer un tamaño de muestra de 20 tomas de tiempos por operación ya que debido a su poca variabilidad por formula es mucho menor.

El resumen de los resultados obtenidos del análisis de tiempos se encuentran en la tabla del anexo 10.

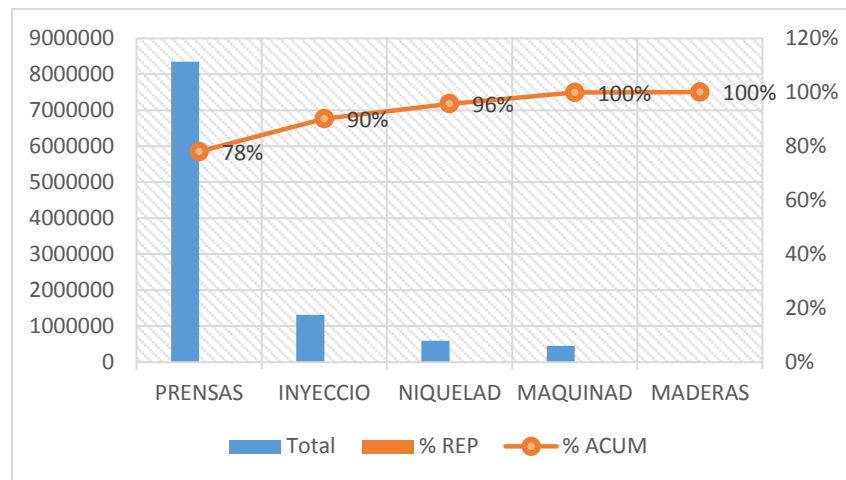
7.3 ANALIZAR

De acuerdo con las mediciones y datos obtenidos se procede a generar el análisis a las áreas de oportunidad de mejora, se emplearán métodos de análisis ingenieril como diagramas de Pareto y causa raíz (Ishikawa).

7.3.1. Análisis inicial del área de prensas

Se estableció un diagrama de Pareto concluyendo, que el área de mayor impacto asociado a la falta de material es el área de prensas, aportando un 77.9% del total de piezas utilizadas en el área de ensamble.

Gráfico 30: Participación en la producción (Enero - Marzo 2016)



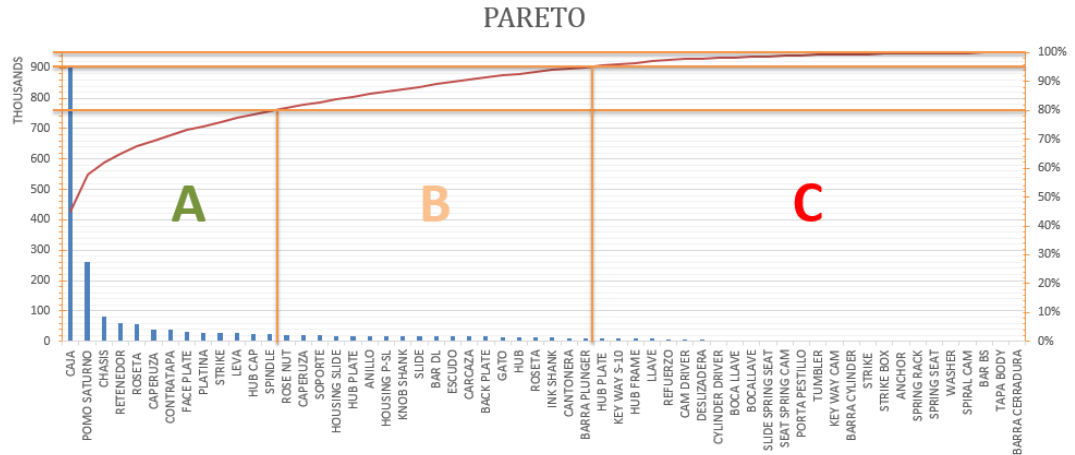
Fuente: Autor.

7.3.2. Eficiencia área de prensas.

Se hizo una verificación de las hojas de producción del área de prensas y se tomó la información del T.V.C. del mes de marzo, el cual sirvió de referencia (ver anexo 4).

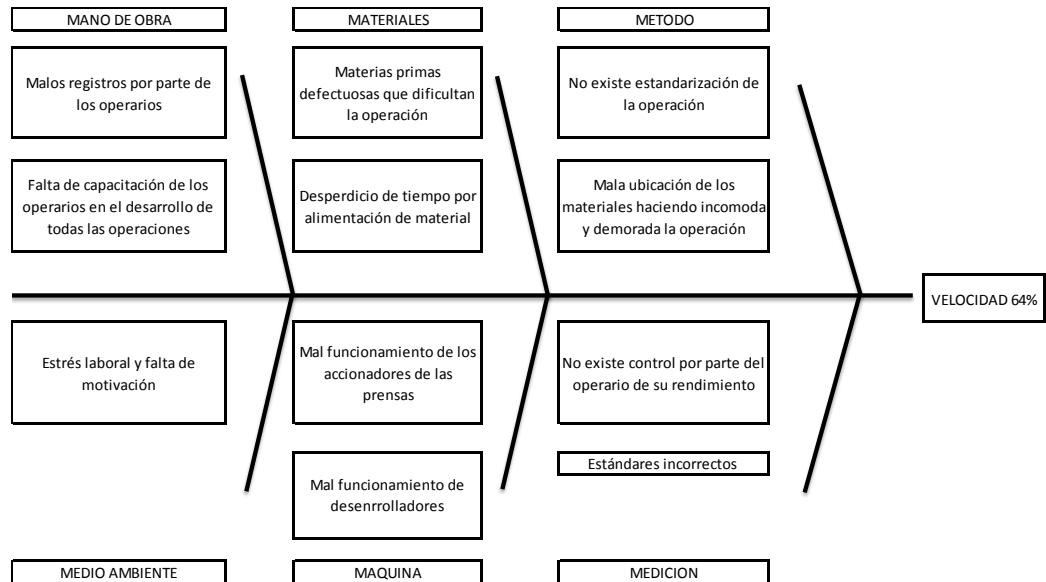
Al observar los datos se evidencia una eficiencia del 64% muy por debajo de lo esperado en esta sección. Se procede a realizar el siguiente diagrama de Pareto para para concentrar el mayor esfuerzo en pocos trabajos que generan la mayor parte de los problemas; regla 80-20.

Gráfico 31: Pareto área de prensas



Fuente: Autor

Gráfico 32: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Autor

Se hizo una reunión con el gerente de producción y supervisores del área de prensas y se diseñó un diagrama de Ishikawa analizando las diferentes fuentes del problema de la baja eficiencia.

Los datos que evidencia el diagrama de Pareto (ver gráfico 5) demuestran que el grupo con mayor impacto en el desperdicio (unidades perdidas) por ineficiencias en los procesos es el denominado como cajas y será el grupo objetivo.

La siguiente tabla muestra el impacto en horas se tomó la base de la distribución tipo A.

Tabla 3: Impacto en horas perdidas distribución tipo A

GRUPO	Desperdicio Unidades Marzo	Horas Perdidas	% REP.	% ACUM.	DISTRIBUCIÓN
CAJA	910173	477	44.97%	44.97%	A
POMO SATURNO	262959	138	12.99%	57.96%	A
CHASIS	81341	43	4.02%	61.98%	A
RETENEDOR	59022	31	2.92%	64.90%	A
ROSETA	57705	30	2.85%	67.75%	A
CAPERUZA	39554	21	1.95%	69.71%	A
CONTRATAPA	38168	20	1.89%	71.59%	A
FACE PLATE	31890	17	1.58%	73.17%	A
PLATINA	28186	15	1.39%	74.56%	A
STRIKE	28143	15	1.39%	75.95%	A
LEVA	27642	14	1.37%	77.32%	A
HUB CAP	25290	13	1.25%	78.57%	A
SPINDLE	23716	12	1.17%	79.74%	A

Fuente: Autor.

Se hizo un análisis sobre los factores de mayor influencia en el desperdicio generado en el grupo de estudio caja y se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 4: Perdida de tiempo por alimentación de material grupo de estudio cajas

CÓDIGO	PASO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	PZ X HORA	CANTIDAD DE VECES PARA LLENAR (MIN)	PERDIDA DE TIEMPO (MIN)	% PERDIDA POR HORA
UCS31DN	1	UNIDAD CAJA MEGA	Embute y corta	2618			
UCS31DN	2	UNIDAD CAJA MEGA	Refila	401	6	12	20%
UCS31DN	3	UNIDAD CAJA MEGA	Embute y corta	780	10	20	33%
UCS31DN	4	UNIDAD CAJA MEGA	Perfora	630	8	16	27%
UCS31DN	5	UNIDAD CAJA MEGA	Remache postes	427	6	12	20%
UCS31DN	6	UNIDAD CAJA MEGA	Remache carcaza	517	7	14	23%
PROMEDIO					7.4	14.8	25%

Fuente: Autor

El proceso de fabricación de cajas conlleva 6 pasos, el primer paso se efectúa con un troquel progresivo el cual no necesita alimentación. Se evidenció que en promedio se pierde el 25% del tiempo total operativo en la alimentación de material, convirtiéndola en la principal causa de ineficiencia en este grupo.

7.3.3. Análisis inicial área de ensamble

Se estableció un análisis de la administración y ubicación de la mano de obra dispuesta en el área de ensamble se realizó el balanceo de la situación actual.

7.3.4. Unidad de cilindros

En el análisis realizado al balanceo actual de la línea de cilindros demuestra una eficiencia del 74% con una utilización de 19 personas y una persona en el turno de noche quien genera un inventario de remache de tapa body y tapa porta cilindro, la línea tiene una deficiencia y supera el takt time la operación de colocar tapa body y tapa porta cilindro con una entrega potencial real de 1970 unidades generando cuello de botella y sobre tiempos en el turno de noche (Ver gráfico 33)

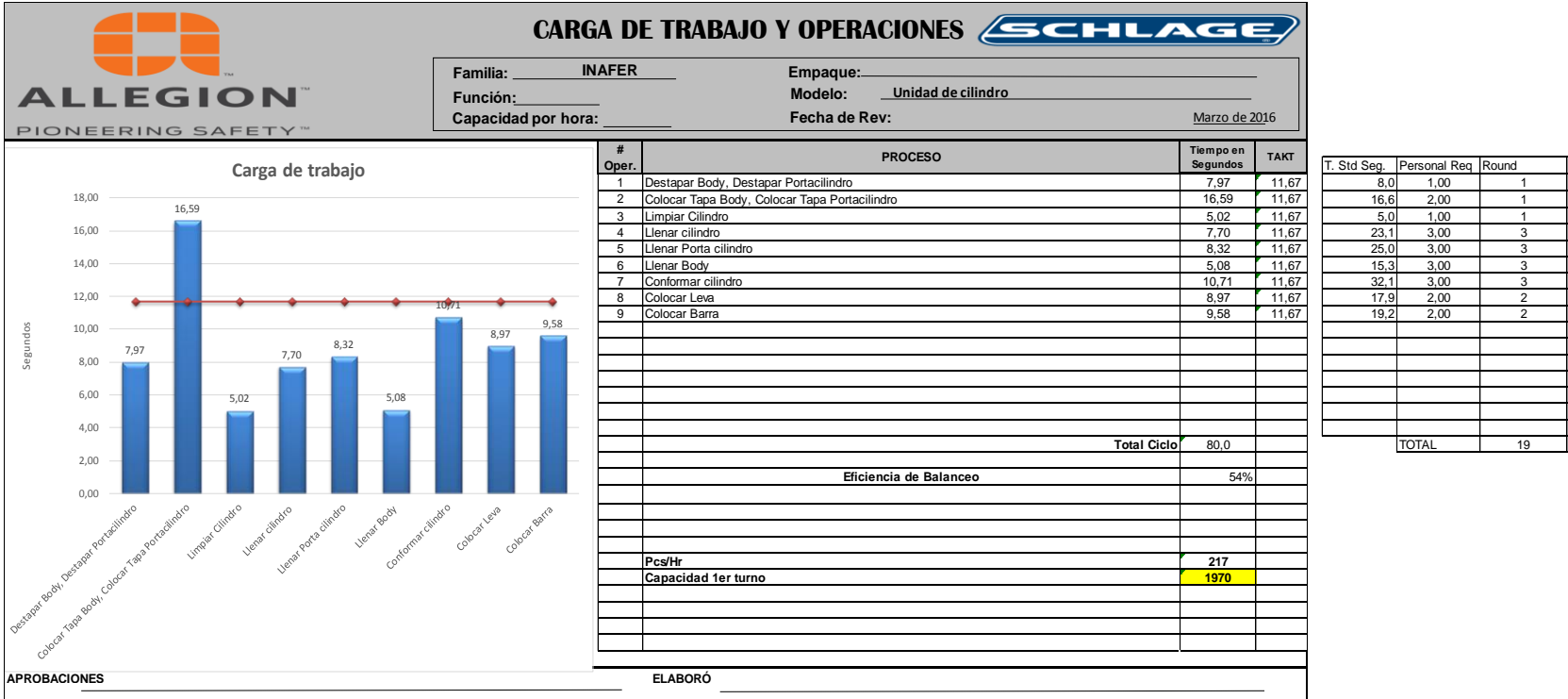
7.3.5. Línea de ensamble y empaque referencia Mega

El análisis inicial de la distribución y balanceo de la línea de ensamble y empaque para la referencia Mega, tiene una eficiencia de 57% y un total de unidades entregadas por turno de 2643 utilizando un total de 16 personas para realizar todas las operaciones, además la operación armar caja pequeña, hacer llaves y empacar está por encima de takt time haciendo el proceso de forma ineficiente y generando cuellos de botella.

7.3.6. Línea de ensamble y empaque referencia C-999

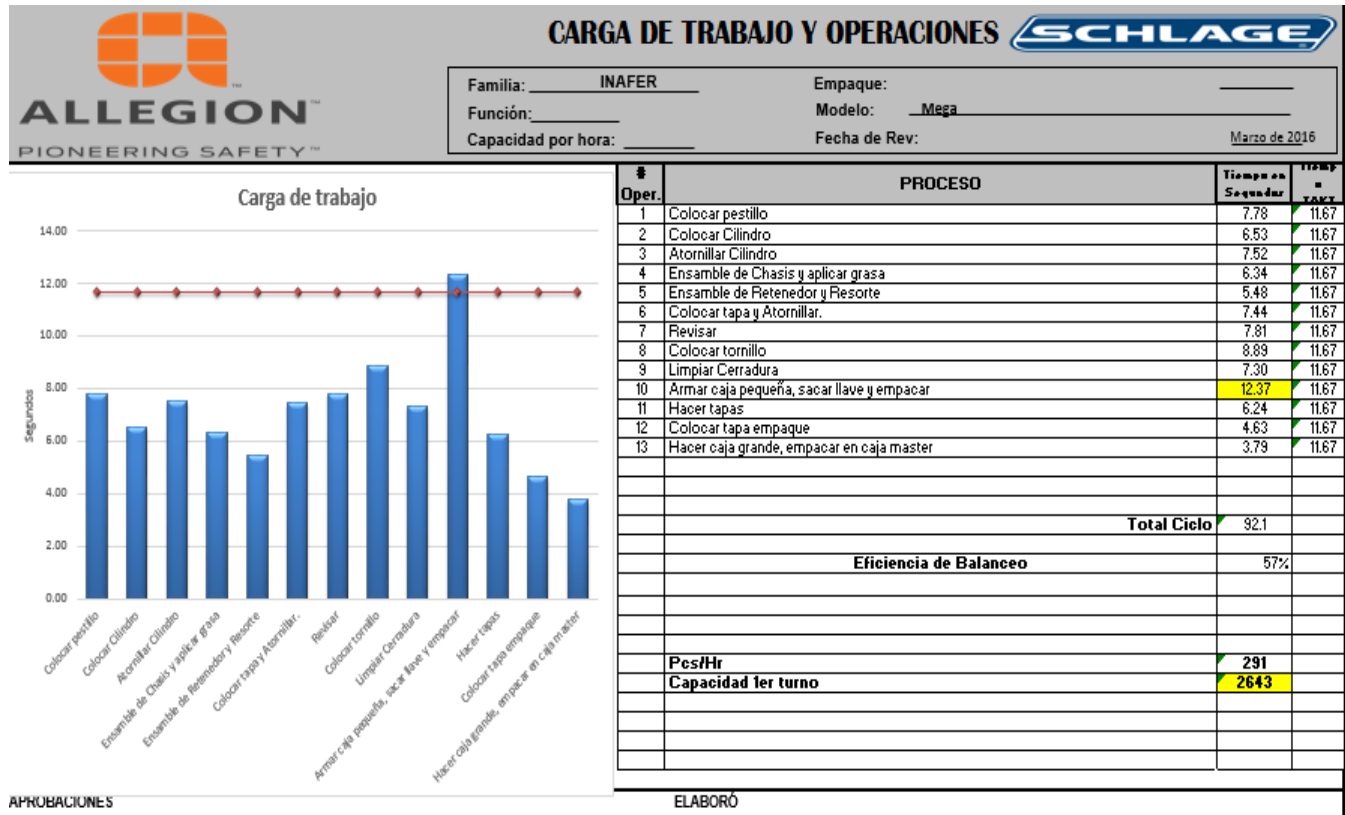
Analizando el balanceo de la referencia C-999 se evidencia una eficiencia del 62% y una capacidad en unidades por turno de 2403 unidades.

Gráfico 33: Balanceo inicial de la línea de cilindros



Fuente: Autor

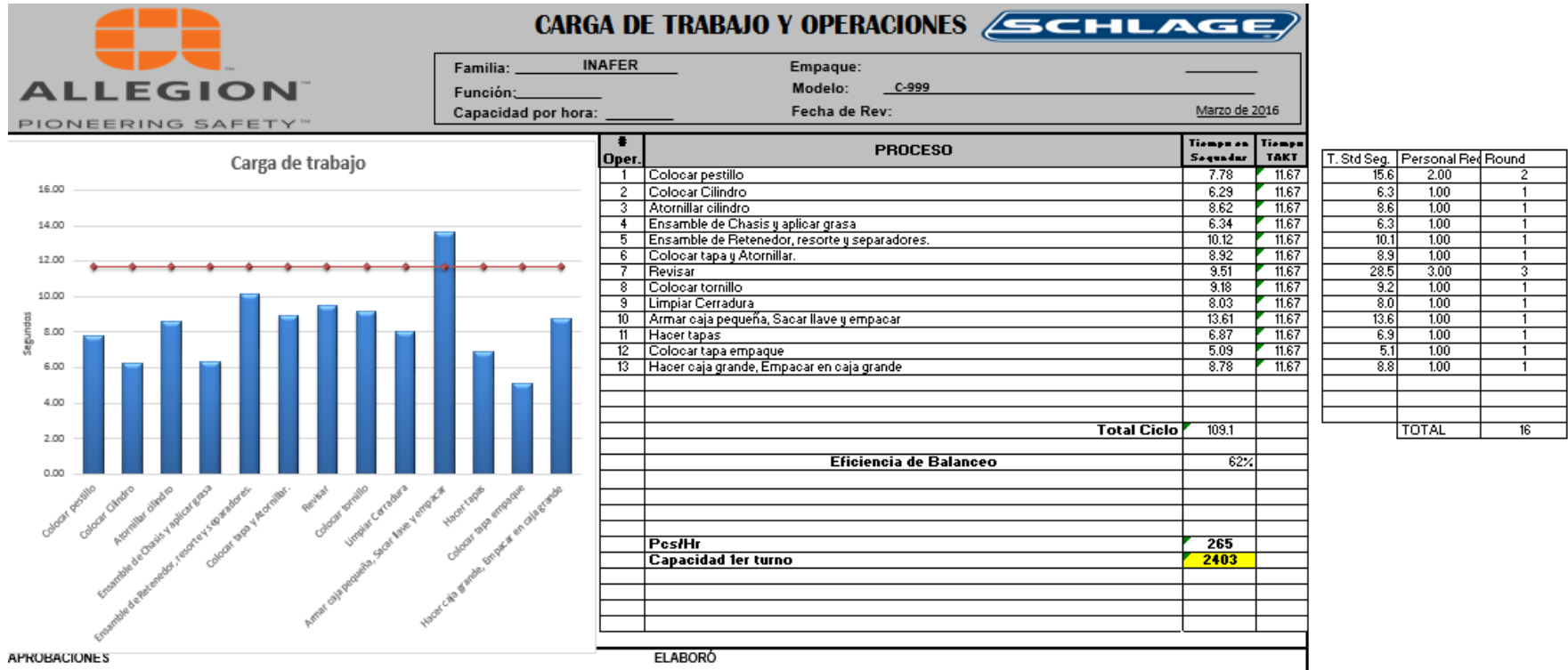
Gráfico 34: Balanceo inicial referencia Mega



T. Std Seg.	Personal Rev	Round
15.6	1.33	2
6.5	0.56	1
7.5	0.64	1
6.3	0.54	1
5.5	0.47	1
7.4	0.64	1
23.4	2.01	3
8.9	0.76	1
7.3	0.63	1
12.4	1.06	1
6.2	0.53	1
4.6	0.40	1
3.8	0.32	1
TOTAL		16

Fuente: Autor

Gráfico 35: Balanceo inicial referencia C-999



Fuente: Autor

7.4. MEJORAR

7.4.1 Área de prensas

Basado en los análisis realizados y la información recopilada a lo largo de las diversas fases de este proyecto se estableció un plan general para el área de prensas para elevar la eficiencia del 64% al 80%.²⁶

- **Medición**

En el área de prensas se estableció un método para la medición en tiempo real de la eficiencia (velocidad) y T.V.C. Se dictaron capacitaciones para el correcto diligenciamiento de los registros y se estableció una política de llenado de los tableros y formatos de producción cada 3 horas.

Gráfico 36: Medición proyecto prensas

PROYECTO PRENSAS EFICIENCIA

		ACTIVIDAD	INICIO PLAN DIA #	DURACION PLAN	INICIO REAL DIA #	DURACION REAL	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO	RESPONSABLE
MEDICION	METODO DE CONTROL TIEMPO REAL	Crear formato para medición de la velocidad por operario	1	1	1	1	100%	Ingeniero Producción-Gerencia producción
		Elaborar tableros para visualización del T.V.C. en tiempo Real	1	2	1	2	100%	Ingeniero Producción-Gerencia producción
		Establecer metodología de llenado de tableros y graficos de velocidad	3	2	3	2	100%	Ingeniero Producción-Gerencia producción
		Capacitación para llenado de tableros a los supervisores del area de prensas	3	1	3	1	100%	Ingeniero Producción-Gerencia producción
		Capacitación y divulgación del plan al área general de prensas (operarios y supervisores)	4	1	4	1	100%	Ingeniero Producción-Gerencia producción
		Establecer cantidad de actualizaciones diarias de los gráficos y tableros	5	1	5	1	100%	Ingeniero Producción-Gerencia producción

Fuente:

Autor

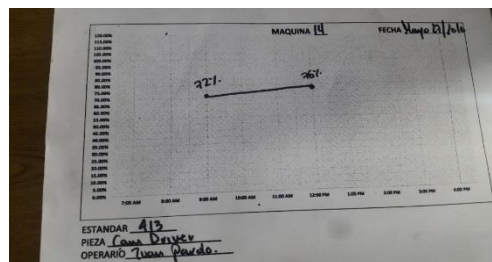
²⁶ Meta trazada por la organización

Gráfico 37: Tablero de producción control de T.V.C.

FECHA		AQUINA		EFICIENCIA (TVC)	
TOTAL OPERARIOS		PROM:		46.61%	
12am	3am	6-9	12-15	18-21	24-27
1		5308	5676	5944	
2		2335	1622	3878	
3		4378	5206	5621	
4		2758	4610	5465	
6		11-21	11-10	101-17	
7		0	26-17	64-51	
8		3357	3137	4055	
9		11-56	15-21	16-77	- Trabaja colpeando
10		3328	11-11	11-09	- TR. de la mano
11		0	8-11	15-66	- TR. de la mano
12		5474	3078	5572	
13		604	276	0	TR. de la mano
14		41-11	61-15	66-76	
15		3797	3582	3808	
16		8386	8810	7377	
17					
18	Taladro	74-13	7078	7435	
19					
20		3914	4411	4164	

Fuente: Autor

Gráfico 38: Formato control de velocidad



Fuente: Autor

- Mano de obra**

Se dictaron capacitaciones en conceptos técnicos de la sección por parte de las diversas áreas de profundización, luego se desarrollaron evaluaciones correspondientes y se reforzaron los conocimientos donde se evidenció déficit.

Gráfico 39: Mano de obra proyecto de prensas

PROYECTO PRENSAS EFICIENCIA

		ACTIVIDAD	INICIO PLAN DIA #	DURACION PLAN	INICIO REAL DIA #	DURACION REAL	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO	RESPONSABLE
MANO DE OBRA	REGISTROS	Capacitación del correcto registro y especificación de conceptos y causales de paro a los operarios	2	1	2	1	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
	CAPACITACIÓN	Capacitación en conocimientos técnicos del área, manejo de máquinas y prevención de riesgos.	30	10	30	1	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
	EVALUACIÓN	Evaluación teorica y práctica de los conocimientos adquiridos en la sección por medio de charlas y capacitaciones	46	10	50	7	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción

Fuente: Autor

Gráfico 40: Capacitaciones integrales área de prensas



Fuente: Autor

• MÉTODO

En el análisis efectuado al área se evidenciaron falencias y variación de opiniones en la ejecución de cada una de las operaciones, es decir, no se tenía estandarización en las operaciones. En la realización de este proyecto se decidió utilizar el capital humano como apalancamiento para establecer la mejor operación y con mayor eficiencia.

Gráfico 41: Método proyecto de prensas

PROYECTO PRENSAS EFICIENCIA

		ACTIVIDAD	INICIO PLAN DIA #	DURACION PLAN	INICIO REAL DIA #	DURACION REAL	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO	RESPONSABLE
MÉTODO	ESTANDARIZACIÓN DE LA OPERACIÓN	Establecer por medio del T.V.C. el operario con mayor rendimiento por pieza.	11	2	11	1	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
		Verificar la operación del operario hábil y buscar posibles mejoras en la operación	12	10	13	21	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
		Nombrar al operario Tutor o guía para la capacitación de los demás operarios.	15	10	15	5	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
		Estandarizar la operación	17	20	17	21	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
	MÉTODO DE INDUCCIÓN ÁREA DE PRENSAS	Evaluación de competencias del personal actual para definir plan de entrenamiento individual por deficiencias técnicas o practicas.	12	3	14	3	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
		Establecer tutorías para la enseñanza del mejor método de trabajo por parte del personal operativo.	12	20	12	19	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
	TIEMPOS MUERTOS	Analizar y establecer un método de organización de material facilitando la ergonomía y disminuyendo el tiempo de operación	37	5	37	2	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
		Analizar y establecer un plan de mejora sobre el impacto de la alimentación de material en la reduccción de la velocidad.	24	10	34	10	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción

Fuente: Autor

Estandarización de la operación

Se estableció por medio del T.V.C. el operario con mayor rendimiento por pieza y se observó la operación y la ubicación de los materiales con el supervisor; se ajustaron y efectuaron cambios para la minimización de movimientos y se estandarizó la operación (ver anexo 7).

Método de inducción área prensas.

Se establecieron competencias y evaluaciones técnicas para la categorización de cada uno de los operarios en el área así como las capacitaciones y los responsables de cada una de las charlas técnicas (ver anexo 8).

Tiempos muertos

Según el análisis llevado a cabo en el área de prensas con respecto a la alimentación de material se genera un desperdicio del 25% del tiempo empleado en la producción en el grupo de estudio cajas que tiene el mayor impacto en la cantidad de unidades perdidas en el área con un 44.97%. Se estableció una mejora en la ubicación de materiales y en el diseño del puesto de trabajo siguiendo los conceptos de Niebel²⁷ contemplando aspectos de ergonomía para permitir la mejor secuencia minimizando los movimientos, se estableció la figura de patinador para mantener las canastas llenas de material en el transcurso del día para evitar paros por desabastecimiento.

ANTES



DESPUÉS



Fuente: Autor

- **MÁQUINA**

²⁷ NIEBEL, Benjamin, Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, Capítulo 5, Lugar de trabajo, equipo y diseño de herramientas, duodécima edición, 2009.

Gráfico 42: Máquina proyecto de prensas

PROYECTO PRENSAS EFICIENCIA

		ACTIVIDAD	INICIO PLAN DIA #	DURACION PLAN	INICIO REAL DIA #	DURACION REAL	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO	RESPONSABLE
MÁQUINA	VELOCIDAD/ESTANDAR	Incluir en las actividades de Montaje de Herramienta la verificación del estandar de operación.	9	2	9	3	100%	Ingeniero de producción - Gerencia de Producción
		Definición de maquina de trabajo por diferencias en estándares de las mismas	10	2	10	2	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción
		Verificar la velocidad de la máquina al inicio de operación después del montaje de cada troquel	12	48	15	30	100%	Ingeniero de producción - Supervisor de Producción
	ROLLOS	Establecer mejoras en los desenrolladores	37	5	37	5	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción

Fuente: Autor

Se estableció una política que regula la velocidad de las maquinas ya que no se contaba con ninguna técnica de calibración y se dejaba a la observación y experiencia del técnico de montaje, siendo en muchos casos el factor de la ineficiencia sobre los estándares de producción fijados.

Se aplicó una idea de mejora con respecto a los desenrolladores de material ya que no contaban con un eje de base, generando pérdidas de tiempo por desplazamientos innecesarios de los operarios.

Se realizó un análisis histórico de rendimiento por máquina y referencia se evidenciaron variaciones en eficiencia con respecto a la maquina donde se tomó el estándar; se eligieron los de mejores resultados para realizar el montaje siempre que sea posible (ver anexo 9).

- MEDIO AMBIENTE**

Gráfico 43: Medio ambiente proyecto de prensas

PROYECTO PRENSAS EFICIENCIA

		ACTIVIDAD	INICIO PLAN DIA #	DURACION PLAN	INICIO REAL DIA #	DURACION REAL	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO	RESPONSABLE
MEDIO AMBIENTE	CHARLAS	Charlas interactivas	20	20	20	20	100%	Ingeniero Producción- Gerencia producción

Fuente: Autor

Se implementaron charlas y diálogos interactivos en la sección promulgando las buenas prácticas de manufactura y la responsabilidad sobre los objetivos trazados en la organización.

7.4.2 Área de ensamble.

- **Mejora unidad de cilindros**

Con el nuevo balanceo se pasó de una eficiencia del 54% al 88%, reduciendo la cantidad de personas de un total de 20 a 16, sin necesidad de apoyo en turnos nocturnos, y pasando de entregar 1970 unidades diarias a 2830. (Ver gráfico 44)

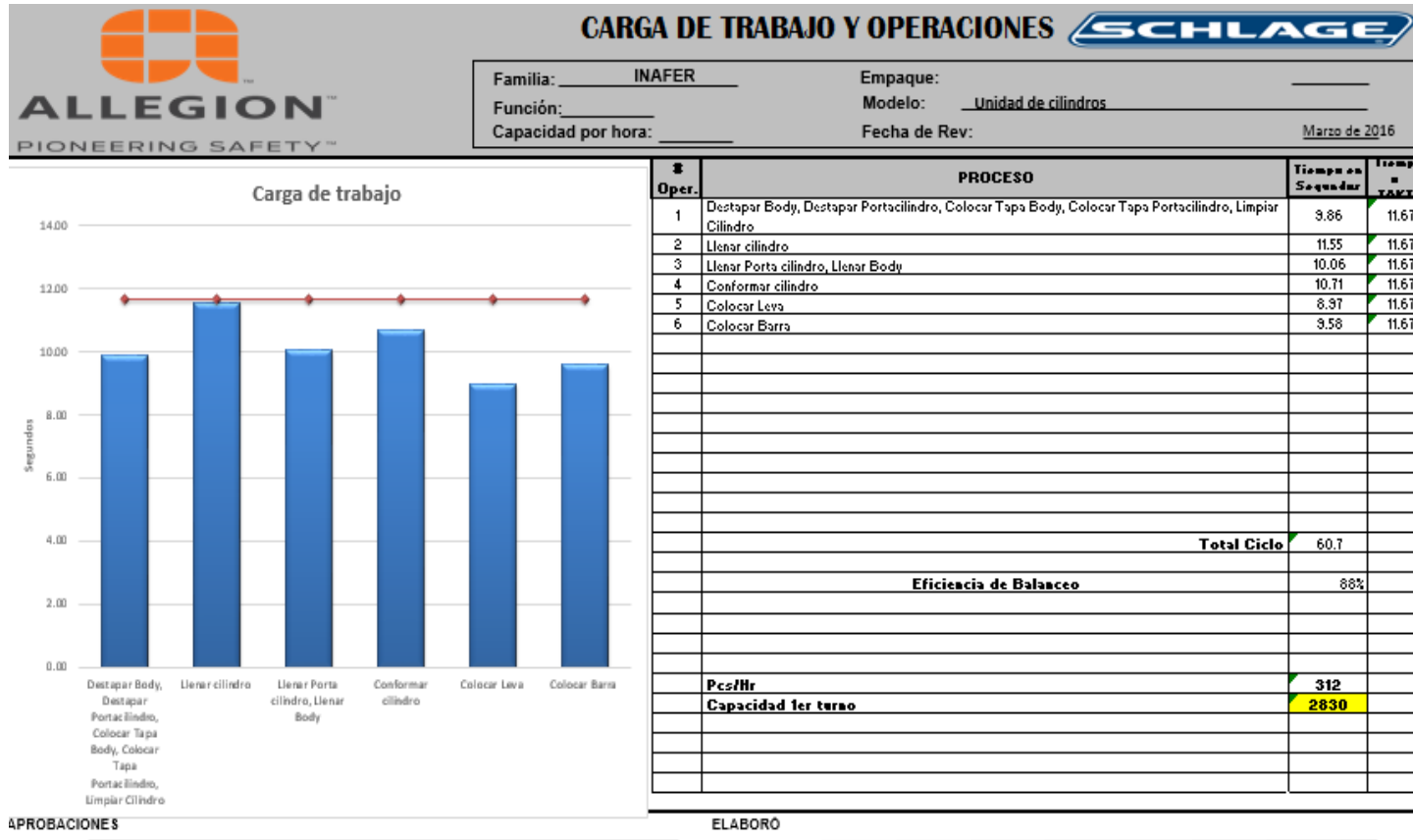
- **Mejora en el balanceo referencia Mega**

La eficiencia pasó de un balanceo de línea inicial de 57% a 95%, reduciendo la cantidad de personas de 16 a 11, aumentando la cantidad de unidades entregables de 2643 a 2960. (Ver gráfico 45)

- **Mejora en el balanceo referencia C-999**

Se evidenció un aumento en la eficiencia de 62% a 89%, reduciendo de 16 personas requeridas a 13 personas, aumentando la cantidad entregable de la línea de 2403 a 2817. (Ver gráfico 46)

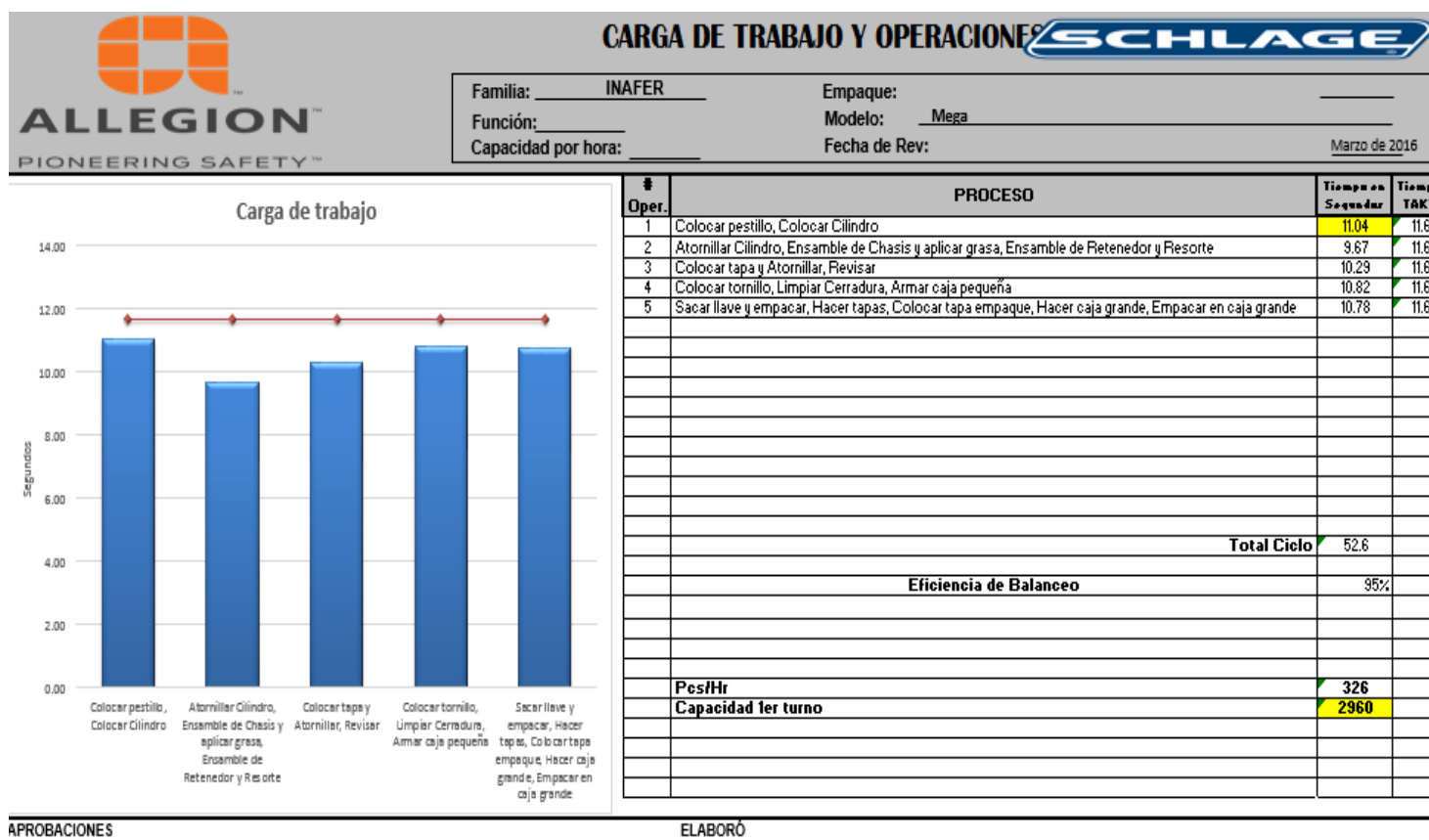
Gráfico 44: Mejora en el balanceo en la unidad de cilindros



Fuente: Autor

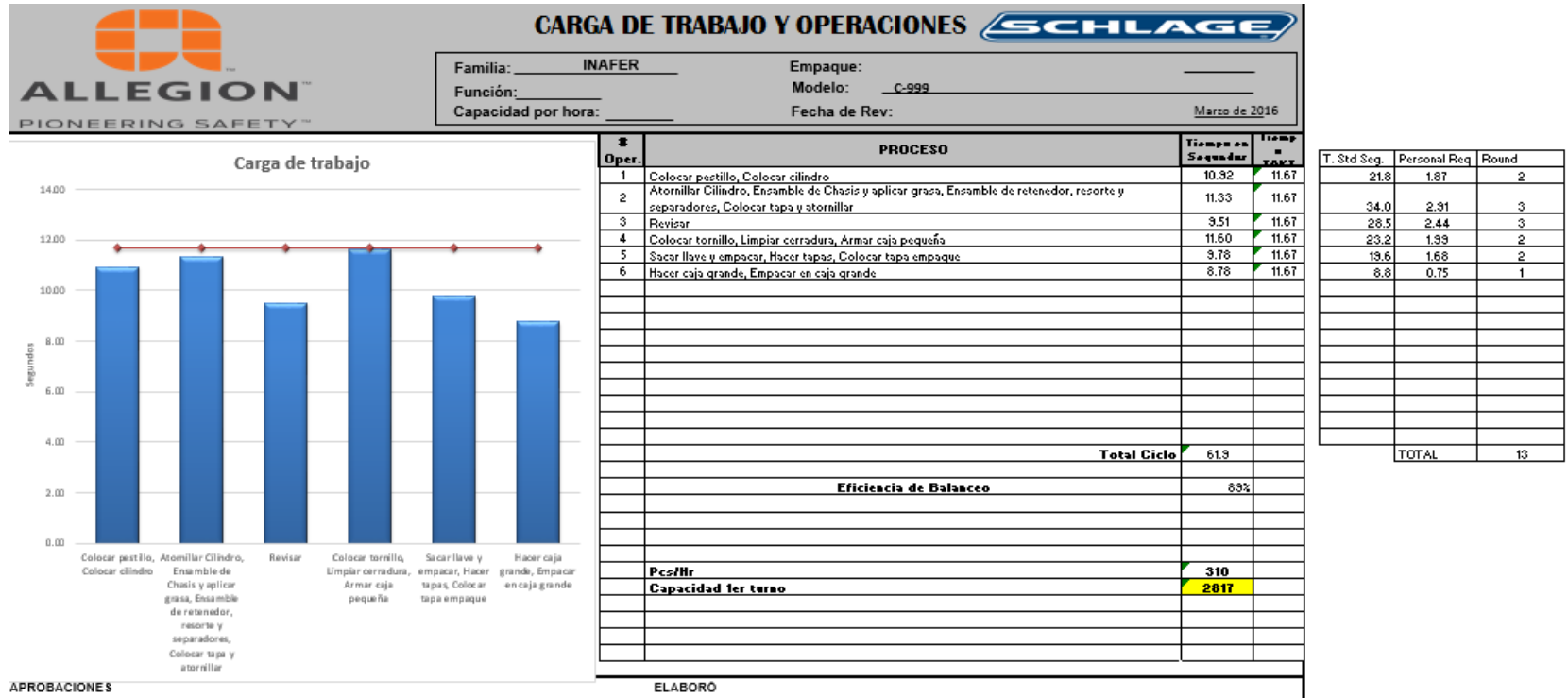
T. Std Seq.	Personal Req	Round
29.6	2.53	3
23.1	1.98	2
40.2	3.45	4
32.1	2.75	3
17.9	1.54	2
19.2	1.64	2
	TOTAL	16

Gráfico 45: Mejora en el balanceo de la referencia Mega



Fuente: Autor

Gráfico 46: Mejora en el balanceo en la referencia C-999



Fuente: Autor

7.5. CONTROLAR

- Eficiencia de prensas

Luego de la ejecución del proyecto realizado en el área de prensas se observa una mejoría con respecto al mes de Marzo (mes referente) alcanzando la meta organizacional del 80% y manteniéndola bajo control, además se pasó de un entregable en componentes equivalentes de 3'580.483 en marzo a 4'342.263 promedio de abril a agosto (ver tabla 5).

El control se realiza mediante el seguimiento de la variable velocidad (V) del informe T.V.C. (ver anexo 11). Este informe se realiza con la digitación de las hojas de producción por máquina del área de prensas y se hace un análisis diario de los resultados de la eficiencia del área para mantenerla en control (ver tabla 6).

Tabla 5: T.V.C. Marzo - Agosto

MES	%T	Componentes Equivalentes Reales	Componentes Equivalentes Ideales	%V	Componentes Producidos	%C	%TV C
Marzo	55%	3580483	5563536	64%	2707948	100%	35%
Abril	61%	4513533	6489148	70%	4247999	100%	42%
Mayo	56%	4022495	5550682	72%	3525316	100%	40%
Junio	52%	4672649	5813723	80%	4238157	99%	42%
Julio	53%	3931901	4925410	80%	3535184	100%	42%
Agosto	54%	4570738	5739905	80%	4413951	100%	43%
Total	55%	25291799	34082404	74%	22668554	100%	41%

Fuente: Autor

- Unidades perdidas área de ensamble

El sistema de control establecido son los tableros de producción basado en las metas diarias y causas realizado por los supervisores del área y es sintetizado en el informe control ensamble (ver tabla 6).

Las unidades perdidas en el área de ensamble por falta de material se redujeron de 15441 que representaba un 26.50% del total de Enero – Marzo a 789 que representa el 3.16% del total de Junio – Agosto. Con respecto a las unidades perdidas por eficiencia se redujo de 9225 con una representación del 15.84% del total de Enero – Marzo a 96 que representa el 0.38% de la problemática del área de ensamble. (Ver tabla 7)

Tabla 6: Unidades perdidas, control ensamble Enero – Marzo 2016

CONTROL ENSAMBLE ENERO – MARZO		
CAUSA	UNIDADES PERDIDAS	% Rep
PROBLEMAS DE CALIDAD	18087	31.05%
FALTA DE MATERIAL	15441	26.50%
EFICIENCIA	9225	15.84%
FALLA MECANICA	5637	9.68%
AUSENTISMO	5088	8.73%
DAÑO DE HERRAMIENTA TROQUEL	2040	3.50%
CAPACITACION	1953	3.35%
REUNION NO PROGRAMADA	786	1.35%
Total	58257	100.00%

Fuente: Autor

Tabla 7: Unidades perdidas, control ensamble Junio – Agosto 2016

CONTROL ENSAMBLE JUNIO – AGOSTO		
CAUSA	UNIDADES PERDIDAS	% Rep
Ausentismo	9301	37.21%
Daño Herramienta/ Troquel	4554	18.22%
Falla Mecánica	4349	17.40%
Problemas de Calidad	4079	16.32%
Reunión no programada	1531	6.12%
Falta material	789	3.16%
Capacitación	298	1.19%
Eficiencia	96	0.38%
Cambios referencia	0	0.00%
Falta de material externo	0	0.00%
Programación	0	0.00%
Total	24997	100%

8. CONCLUSIONES

- Después de la realización del proyecto, en el área de prensas, se elevó la velocidad del 64% al 80%, pasando de una cantidad de componentes entregados de 3'580.483 en marzo a 4'342.263 promedio de Abril a Agosto, estandarizando los procesos, aplicando conceptos de ergonomía, análisis de métodos y tiempos, generando una cultura de mejora continua.
- Con la aplicación de los nuevos balanceos de línea en el área de ensamble, se generó un cambio en la eficiencia de la línea de cilindros del 54% a 88%, reduciendo la cantidad de personas de un total de 20 a 16, sin necesidad de apoyo en turnos nocturnos, y pasando de entregar 1970 unidades diarias a 2830.
- El balanceo de línea de la referencia Mega se alcanzó un crecimiento en la eficiencia de 57% a 95%, reduciendo la cantidad de personas de 16 a 11, aumentando la cantidad de unidades entregables de 2643 a 2960.
- El nuevo balanceo de la referencia C-999 se evidenció un aumento en la eficiencia de 62% a 89%, reduciendo de 16 personas requeridas a 13 personas, aumentando la cantidad entregable de la línea de 2403 a 2817.
- El sistema de control T.V.C ha garantizado y mantenido la mejora realizada, ya que la velocidad en el área de prensas se ha mantenido constante en 80%.
- El sistema de control ensamble y los tableros de producción en el área de ensamble han garantizado y mantenido la reducción de unidades perdidas por eficiencia generando una cultura y responsabilidad por este métrico pasando de perder 9225 unidades de Enero a Marzo a 96 unidades de Junio a Agosto.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener la política de llenado de los tableros de producción para tener referencias en tiempo real y aplicar las herramientas de ingeniería para desarrollar las acciones de mejora.
- Hacer continua actualización de los estándares cuando se realicen cambios en métodos o máquinas.
- Realizar análisis constantes de los datos de los informes de control para enfocarse en los nuevos desperdicios de las áreas.

BIBLIOGRAFÍA

- Niebel, Benjamin. Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Mc Graw Hill, México: Duodécima edición, 2009.
- CHASE, Richard B. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Mc Graw Hill, México: Décima Edición, 2005.
- GOLDRATT, Eliyahu. La Meta, Ediciones Castillo, Mexico: 2ª Edición, 1996.
- HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. Mc Graw Hill, Mexico: Sexta Edición, 2014.
- TAHA, Hamdy A. Investigación de operaciones, Pearson Education, 2004.
- CUERVO, Joaquín y OSORIO, Jair A. *Costeo basado en actividades-ABC*. Bogotá: Ecoe ediciones, 2007.
- GOLDRATT, Eliyahu. *La Carrera en busca de las ventajas competitivas: como ganar en el juego de la calidad y la producción*, Ediciones Castillo, Mexico, 2002.

INFOGRAFIA

- MTM INGENIEROS, Lead Time, (On line), 2005, disponible en, (<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-lead-time/>)
- NARANJO, Jorge, Procesos en ingeniería Industrial, (on line), 15 de Abril de 2011, disponible en: (<http://es.slideshare.net/usopedagogicodelblog/procesos-en-ingeniera-industrial>)
- KNOOW.NET. *Capacidad Instalada*. [En línea]. Fecha consulta [29 Agosto de 2013]. Disponible en: (<http://www.knoow.net/es/cieeconcom/gestion/capacidadinstalada.htm>)
- WEB Y EMPRESAS (2012). *La Cadena de Valor de Michael Porter*. [En línea]. Fecha consulta [29 Agosto de 2013]. Disponible en: (<http://www.webyempresas.com/la-cadena-de-valor-de-michael-porter/>)
- MONOGRAFIAS. *Desarrollo de modelos industriales Cadena de Valor*. [En Línea]. Fecha consutla [29 Agosto de 2013]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos28/cadena-de-valor/cadena-de-Valor.shtml>)
- HERNANDEZ, Manuel y RODRIGUEZ, Raúl, Eficiencia, eficacia y productividad, (on line), Francia, 2001, disponible en: (<http://www.aulafacil.com/cursos/l19655/empresa/administracion/administracion-de-empresas/eficiencia-eficacia-y-productividad>)
- MARTIN, Ramón (2006). *Mejora de la Productividad, Just in Time y Lean Manufacturing*. Escuela de Organización Industrial (EIO). [En Línea]. Fecha Consulta [29 Agosto de 2013]. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45158/componente45156.pdf
- CARRILLO, Jorge, Lean Solutions, (on line), Colombia 2003, disponible en (<http://www.leansolutions.co/conceptos/>)
- Pratt & Whitney plays the ACE of Lean. Lean Directions (<http://www.manufacturainteligente.com/takt-time-para-obtener-lean-production/>).
- RIVERA, David, Justificación conceptual de un modelo de implementación de lean manufacturing, (on line), 2002, disponible en (<ftp://ftp.icesi.edu.co/leonardo/Lean-Manufacturing/Lecturas/Justificacion-Conceptual.pdf>)

- GONZALEZ, Joaquin, Justo a Tiempo (JIT), (on line), Marzo 2002, disponible en:
(http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf)
- RODRIGUEZ, Juan, Metodo Kanban, disminuir retrasos y crear un método eficiente, (on line), 2006, disponible en (Método Kanban – Disminuir retrasos y crear un sistema de producción eficiente).